Über den Bau der Kutikula und dessen Einfluß auf die Wasserabgabe bei Spinnen[1]

Mit 2 Textabbildungen und 1 Tafel

Von Harald Nemenz

Zoologisches Institut der Universität Wien

(Vorgelegt in der Sitzung am 26. Jänner 1955)

Anläßlich einer Arbeit über den Wasserhaushalt der Spinnen konnte festgestellt werden, daß die Kutikula einen entscheidenden Einfluß ausübt (Nemenz 1954). Im Gegensatz zu der großen Anzahl Untersuchungen über den Kutikularbau bei Insekten, gibt es nur wenige Arbeiten, welche sich mit dem Aufbau oder der Zusammensetzung der Spinnenkutikula beschäftigen. Die erste Arbeit, die das damalige Wissen darüber zusammenträgt, ist von Schimkewitsch (1884), der bereits drei Schichten unterscheidet, die den heutigen Begriffen Epikutikula, Exo- und Endokutikula entsprechen. Er erwähnt auch die Rillenskulptur der Kutikula am Abdomen, welche schon rund 40 Jahre vorher Siebold (1846) bekannt war und die Treviranus 1812 entdeckte. Er bestätigt auch, so wie Wagner (1888), den Befund Leydigs (1857), daß diese Skulptur keine Falten der Kutikula sind, wie Treviranus annahm, sondern eine Bildung der oberflächlichsten Lage. Schimkewitsch wies auch auf die lamellöse Struktur der Endokutikula und auf die verschiedene Färbbarkeit der drei Schichten hin. Auf der gleichen Eigenschaft der verschiedenen Färbbarkeit basiert die Einteilung Osterlohs (1922) in 1. „gelbes Chitin" („Chitin" mit Eigenfarbe), 2. „Acidochitin" (mit Eosin rötlich) und 3. „blaues Chitin" (mit Hämatoxylin nach Delafield blau färbbar). Osterloh weist bereits auf die

[1] Diese Arbeit wurde mit Unterstützung einer Subvention aus den Stiftungszuschüssen der Österreichischen Akademie der Wissenschaften in Wien ausgeführt, für deren Gewährung der Autor auch an dieser Stelle seinen aufrichtigsten Dank ausdrücken möchte.

verschiedenen mechanischen Eigenschaften der drei Kutikularlagen hin. Auch Millot (1926) beschreibt die Dreischichtigkeit der Kutikula. Während diese Arbeiten den Bau des Integuments nur am Rande ihrer eigentlichen Themen berühren, befaßt sich Browning (1942) nicht nur mit der Häutung, sondern auch mit dem Bau der Kutikula. Er sieht keine epikutikuläre Lage, sondern faßt diese als ungefärbten Rand der Exokutikula auf. Während schon Siebold (1846) die chemische Resistenz der Kutikula erwähnt, untersucht sie Browning genauer und stellt Unterschiede zwischen Exo- und Endokutikula fest. In letzter Zeit hat Sewell (1951) Porenkanäle in einer Spinnenkutikula nachgewiesen.

In der Zwischenzeit waren eine Menge Arbeiten über die Kutikula bei Insekten gemacht worden (z. B. Schulze, 1913, 22, 23; Kühnelt, 1928, 50; Eder, 1942; Wigglesworth, 1946; Claudsley-Thompson, 1950; Richards, 1951; Enigk & Pfaff, 1954, und andere[2], welche den grundsätzlich vergleichbaren Bau der Insektenkutikula aufzeigten und immer tiefer in deren Bau eindrangen. Nur selten dagegen wurde die Kutikula von Arachnomorphen untersucht (Lees, A. D., 1947; Ruser, 1933; Yalvaç, 1939, und einige andere, siehe Richards, 1951, p. 160). Im folgenden soll nun einiges über den Aufbau der Kutikula bei Spinnen mitgeteilt werden.

Methodik.

Das Material wurde meist lebensfrisch in einer Mischung von Alkohol 96% 150 Teile, Formol 40% 15 Teile, Trichloressigsäure 2,5 Teile und Chloroform 7 Teile 24 Stunden lang fixiert. Meine Erfahrungen mit diesem Gemisch, das ich einer mündlichen Mitteilung Herrn Prof. Dr. W. Kühnelt verdanke, sind befriedigend. Die Fixierung erlaubte es, Schnitte bis 4—6 μ Dicke ohne vorherige Diaphanolbehandlung herzustellen. Bei einer Schnittdicke von etwa 15 μ konnten bei Paraffin-Celloidin-Einbettung auch Serien geschnitten werden. Für Einzelschnitte genügte die wesentlich schnellere Paraffineinbettung. Gefärbt wurde meist mit Mallorys-Gemisch, welches die Endokutikula blau, die Exokutikula rot färbt, während die Epikutikula mehr oder weniger ungefärbt bleibt bzw. sich gelblich anfärbt. Weiters wurden Gefrierschnitte mit Sudan III und Sudanschwarz B gefärbt sowie andere Objekte mit Sudan nach Ciaccio behandelt. Gute Ergebnisse lieferte die Untersuchung dicker und dünner Schnitte, auch gefärbter, im

[2] Ausführliches Literaturverzeichnis siehe bei Richards 1951.

Phasenkontrastmikroskop. Zum Studium der Oberflächenskulptur wurden Kutikulastückchen in konzentrierter Schwefelsäure oder in Schulzeschem Gemisch (Kühnelt, 1928) mazeriert bzw. Exuvien untersucht. Mit Schwefelsäure behandelte Kutikulae wurden auch geschnitten. Weitere Methoden werden im Text erwähnt.

Bearbeitet wurden meist dieselben Arten, die vorher (Nemenz, 1954) physiologisch untersucht wurden: *Argyroneta aquatica; Agelena labyrinthica, A. similis; Aranea reaumuri, A. undata; Theridion tepidariorum.*

Die einzelnen Lagen.

a) Epikutikula.

Als äußerste Lage oder Epikutikula wurde jene Lage aufgefaßt, welche sich mit Mallory nicht färbt. Richards (1951) faßt die bis jetzt bei Arthropoden gefundenen Epikutikularlagen in fünf Schichten zusammen, die entweder alle oder einige gemeinsam die Epikutikula bilden. Aus der Literatur war nicht zu entnehmen, ob die oberste Lage der Kutikula der Spinnen eine Epikutikula ist oder ob es sich nur um eine sich durch andere Färbbarkeit auszeichnende Exokutikula handelt. Einzig Sewell (unpubl., nach Richards, 1951, p. 172) „finds a thin epicuticle in both Tegenaria and Ciniflo; this is positive to tests for protein and lipids and seem to correspond roughly with the cuticulin layer of Wigglesworth". Eine kurze Erwähnung einer Epikutikula findet sich auch bei Claudsley-Thompson.

Eine äußere, sich nicht anfärbende Schicht wurde schon von Schimkewitsch (1884) und Osterloh (1922) gesehen und als eigene Schicht angesprochen, während Browning (1942) sie als äußerste Lage der Exokutikula betrachtete. Am Cephalothorax ist die Epikutikula bei den Spinnen stark ausgebildet. Sie kann dort an der Dorsalseite bis ein Drittel der Gesamtdicke betragen (4—5 μ, z. B. bei *Aranea*) und ist dann sogar dicker als die Exokutikula (Taf. 1, Fig. 1). An manchen mechanisch besonders beanspruchten Stellen, wie am Chelizerenklauengelenk, ist die Epi- und Exokutikula sehr stark ausgebildet. Die Epikutikula zeigt dann eine Stäbchen- oder Prismenstruktur, die sich teilweise auch in die Exokutikula fortsetzt. Möglicherweise steht diese Struktur mit der mechanischen Beanspruchung in Verbindung, da sie sonst nicht auftritt. Am Abdomen ist die Epikutikula wesentlich dünner als am Cephalothorax oder an den Beinen,

deren Kutikula der des Cephalothorax weitgehend gleicht, oder sie scheint ganz zu fehlen. Die Spinnen zeigen am Abdomen eine eigenartige Skulptur, die Oberfläche ist nicht glatt, sondern deutlich gerillt. Diese Rillen sind teilweise epi-, teilweise exokutikulär, die Endokutikula bleibt davon unberührt. Die Grate bestehen in vielen Fällen nur aus Epikutikula, während die Rillen teilweise ohne Epikutikula zu sein scheinen. In der Oberflächenansicht erinnert das Rillensystem entfernt an Papillarlinien (Abb. 1).

Dieses Rillensystem ist bei den einzelnen Arten nicht gleich gebaut, sondern es zeigen sich Unterschiede im Abstand und der Tiefe. Bei *Aranea* sind die Rillen tief, 4—5 μ, im Abstand von 4 μ



Abb. 1. Oberflächenskulptur des Abdomens, schematisch. HK = Haarkrater.

und gleichen im Querschnitt spitzen Wellen. Bei *Theridion* sind sie sehr seicht, nur 1—1,5 μ tief und in etwa 1 μ Abstand voneinander, mit manchmal zweigipfeligen Erhebungen. Ähnlich sind die Verhältnisse bei *Argyroneta*, wo die Rillentiefe 2 μ, ihr Abstand 1 bis 1,5 μ beträgt. Browning fand bei *Tegenaria atrica*, daß zwischen je zwei etwas höheren Graten zwei niedrigere eingeschoben sind. Bei *Agelena similis* beträgt der Abstand 2,3 μ und die Tiefe 2,5 bis 3 μ, wobei häufig höhere und niedrigere Grate abwechseln (Taf. 1, Fig. 2). Wie erwähnt, bestehen diese Bildungen zum Teil aus Epikutikula, während die Täler entweder von einer mikroskopisch nicht auflösbaren Epikutikulaschicht ausgekleidet sind oder keine Epikutikula haben.

Um nun zu entscheiden, ob es sich um eine Epikutikula handelt, wie vorausgesetzt worden war, oder nur um die äußerste Lage der Exokutikula, wurde versucht, einige Lagen der Epikutikula nachzuweisen. Gefunden wurde eine Kutikulinlage, die

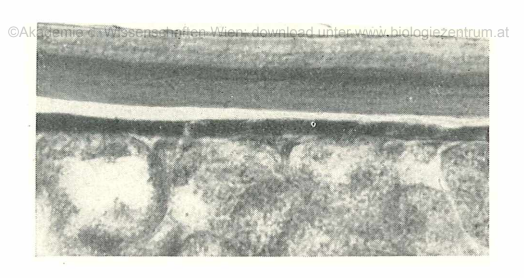


Fig. 1. *Agelena similis,* Kutikula des Cephalothorax, quer; **Mallory.** (Der Maßstab aller Bilder entspricht 10 μ.)

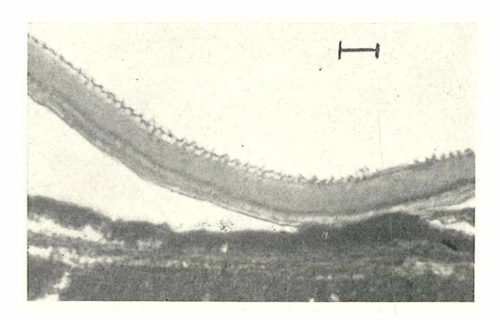


Fig. 2. *Agelena similis,* Kutikula des Abdomens, quer; **Mallory.**

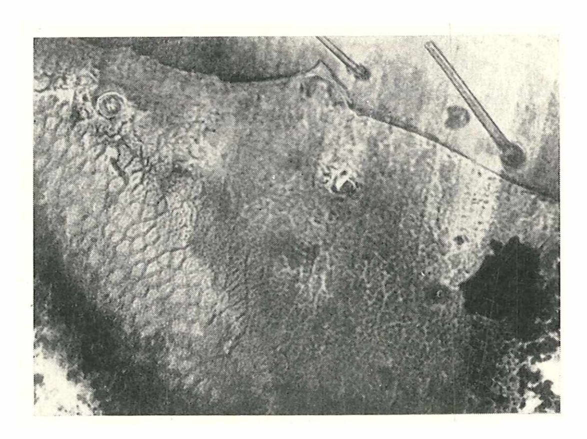


Fig. 3. *Agelena similis,* schräger Flächenschnitt durch die **Kutikula,** Chelizeren. Der Schnitt trifft alle drei **Kutikulaschichten.**

von einer weiteren Lage, einer Lipoproteinschicht, überlagert wird. Claudsley-Thompson (1950) bezeichnet diese Schicht, die er auch bei Myriopoden fand, als Kutikulin. Dabei ergibt sich ein Unterschied in der Terminologie gegenüber Richards (1951), der Kutikulin als morphologischen Begriff auffaßt (p. 169: . . . „where a basal lipoproteinlayer is overlain by a more or less distinct layer of polyphenol“.). Claudsley-Thompson dagegen definiert Kutikulin chemisch als eine Schichte, die sich in heißem Schulzeschem Gemisch in Form öliger Tropfen löst. Dennell & Malek (1953) bestreiten das Vorhandensein einer distinkten Polyphenollage. Sie bezeichnen als Kutikulinschicht eine Lage, welche aus Proteinen besteht, welche mit Steroiden imprägniert sein kann und welche von einer Lipoidepikutikula (der Lipoproteinlage Richards) überlagert sind. An Schnitten ließ sich das Vorhandensein einer sich in Schulzeschem Gemisch in Form öliger Tropfen lösenden Lage nachweisen, ebenso an Stücken die argentaffine Reaktion, so daß anzunehmen ist, daß es sich um eine Kutikulinlage im Sinne Claudsley-Thompsons und eine Polyphenolschicht handelt. Die argentaffine Reaktion verlief nur an verletzten, angekratzten Stellen der Kutikula positiv. Die Reaktion ist streng lokal, sie erfolgt nur an den Stellen, an denen die Oberfläche verletzt wurde, während die unverletzten Stellen keine Reaktion zeigen, also das Vorhandensein einer Schicht über der Kutikulinlage andeuten. Da eine Verletzung dieser Schicht gleichzeitig die Transpiration der Tiere stark erhöht (siehe unten), ist anzunehmen, daß diese Schicht Lipoide eingelagert enthält. Versucht man, die vermuteten Lipoide durch heißes Chloroform zu entfernen und führt nachher eine argentaffine Reaktion aus, so verläuft diese fast stets positiv, wenn auch schwächer. Trotzdem gelang ein direkter Nachweis der Lipoide durch Färbung mit Sudanfarbstoffen nicht. Vielleicht läßt sich das dadurch erklären, daß die Lipoide in eine Proteinschicht eingelagert sind. Dafür würde meines Erachtens auch sprechen, daß die argentaffine Reaktion nach Behandlung mit kochendem Chloroform nicht so deutlich ausfällt wie bei einer Verletzung. Protein ist in der Epikutikula vorhanden, da sie ebenso wie die anderen Schichten mit Salpetersäure und Lauge eine deutliche Xanthoproteinreaktion zeigt.

b) Exokutikula.

Unterhalb dieser mit Mallory kaum färbbaren, honiggelben Epikutikula befindet sich eine rot gefärbte Schicht, die hier als Exokutikula bezeichnet wird. Die Grenze zwischen beiden ist im

allgemeinen deutlich sichtbar, es ist eine unebene Linie. Die Dicke schwankt zwischen 1,9—9 μ und ist am Abdomen oft größer als am Cephalothorax. Im Gegensatz zu der später zu behandelnden Endokutikula zeigt die Exokutikula auf Schnittbildern nur selten eine Struktur. Wenn überhaupt eine solche zu sehen ist, dann ist es nie eine horizontale Schichtung, sondern höchstens eine vertikale Stäbchenstruktur, so wie die bei der Epikutikula erwähnte. Diese tritt nach Behandlung mit kalter konzentrierter Schwefelsäure oder Pepsin im ungefärbten Schnitt deutlicher hervor. Es ist daher anzunehmen, daß es sich um eine Proteinstruktur handelt, möglicherweise um mit einer Eiweißsubstanz erfüllte Porenkanäle. Auf Flächenschnitten zeigt sich eine polygonale Felderung, ähnlich der von Kühnelt (1928) beschriebenen. Im Vergleich zu den Insekten ist diese Felderung aber viel unregelmäßiger. Während Kühnelt die Felder als im allgemeinen regelmäßige Sechsecke beschreibt, sind sie bei den Spinnen fast stets unregelmäßig, nach einer Richtung mehr oder weniger verzerrt und oft fünf- bis siebeneckig (Taf. 1, Fig. 3). Am regelmäßigsten ist die Felderung im Bereich der Endokutikula, wird dann, je weiter man nach außen kommt, immer mehr in die Länge gezogen, bis im Bereich der äußeren Exokutikula das Netzwerk zwischen den Feldern aus langgestreckten schmalen Maschen besteht. Es verliert auch, je weiter man nach außen kommt, an Deutlichkeit, so daß die deutlichsten inneren Maschen bei Totalpräparaten von z. B. Exuvien deutlich sichtbar sind. (Diese „Maschenstruktur“ beschrieb Lebert [1874] als Oberflächenstruktur an mazerierten Kutikulae.)

Die Färbbarkeit der Exokutikula variiert ziemlich. Bei Flächenschnitten sind die Maschen zwischen den Feldern oft sehr wenig gefärbt, die Felder hellrot, mit dunkler roten Punkten. Diese unregelmäßig verteilten Punkte lassen sich auch an Totalpräparaten der Exuvie als dunkle Punkte finden. Dies spricht gegen die Annahme, daß es sich um Porenkanäle handelt, um so mehr, als auch auf Querschnitten keine Andeutung solcher weit auseinanderstehender, relativ großer Poren zu finden ist. Am Chelizerenklauengelenk ist die äußerste Schicht fast ungefärbt, doch zeigt sich bei stärkerer Abblendung oder Verwendung verschiedenfarbiger Lichtfilter eine deutliche Grenze zwischen Exo- und Epikutikula. Die basalen Teile der Exokutikula sind dagegen stets schön rot gefärbt. Am Cephalothorax ist im allgemeinen die Grenze zur Epikutikula nicht so deutlich markiert wie am Abdomen, sondern die Färbung wird merkbar blasser, ehe sie in Gelb umschlägt. Anders am Abdomen, wo das intensive Rot bis zur äußersten Grenze erhalten bleibt.

c) Endokutikula.

Unter der eben beschriebenen Exokutikula liegt dann die Endokutikula, welche sich mit Mallory blau färbt. Sie zeigt meist eine deutliche lamellöse Struktur. Die Dicke der Endokutikula kann stark schwanken, von 2 μ bis gegen 30 μ, und ist am Cephalothorax gewöhnlich größer als am Abdomen. Während die Lamellen der Endokutikula am Cephalothorax ziemlich straff liegen, sind sie am Abdomen mehr oder weniger gewellt. Dies hängt wohl damit zusammen, daß sich die Kutikula des Abdomens ihre Dehnbarkeit bewahren muß, da sich ja dessen Volumen vervielfachen kann, wie etwa bei legereifen Weibchen. Die Epikutikula, die durch die Rillen zerklüftet ist oder überhaupt zu fehlen scheint, setzt dieser Dehnung wenig Widerstand entgegen, und die Exokutikula scheint dehnbar genug zu sein, um nachgeben zu können.

Auffallend ist, daß bei *Argyroneta* die Dickenverhältnisse der Schichten deutlich von denen anderer Arten abweichen. Am Cephalothorax ist die Exokutikula sehr dünn, oft an der Grenze der Sichtbarkeit überhaupt. Die dickste Lage am Cephalothorax von *Argyroneta* ist die Endokutikula, die mit 7,5—10 μ den weitaus überwiegenden Anteil an der Bildung der Kutikula überhaupt hat. Auch die Epikutikula ist wesentlich dünner, 2—3 μ dick. Die Gesamtdicke beträgt also 9—13 μ, gegenüber durchschnittlich 23 μ bei *Aranea*. An den Beinen dagegen sind die einzelnen Lagen in etwa dem gleichen Verhältnis zu treffen wie bei den anderen Arten am Cephalothorax, wo die Exokutikula den Hauptanteil ausmacht und Epi- und Endokutikula etwa gleich stark sind (z. B. am Bein von *Argyroneta*: Epikutikula 2,5 μ, Exokutikula 6,2 μ, Endokutikula 2,4 μ). Auch die Kutikula des Abdomens ist im allgemeinen ziemlich dünn, 10—11 μ, wovon etwa 5 μ auf die Endokutikula und 6 μ auf die Exokutikula entfallen. Eine Epikutikula ist mikroskopisch nicht sichtbar, jedenfalls sind die Grate bis in die Spitzen rot gefärbt. Einzig an der Basis der Haare findet man einen dicken epikutikulären Wall ausgebildet, der sich so wie bei den anderen Arten auch in die Tiefe erstreckt. Daraus erheben sich die gefiederten Haare, welche rein epikutikuläre Bildungen zu sein scheinen.

Die Haare der Spinnen bestehen augenscheinlich nur aus Epikutikula; damit steht ja auch ihre Unbenetzbarkeit gut in Einklang, wofür *Argyroneta* ein Paradebeispiel abgibt (Braun, 1931). Auch bei Behandlung mit kalter konzentrierter Schwefelsäure verändern sich die Haare nicht, in heißer konzentrierter Salpetersäure dagegen krümmen sie sich, ohne daß die feine Fiede-

rung aber vernichtet wird. Bei längerer Einwirkung konzentrierter heißer Salpetersäure auf Exuvien kollabieren diese und schmelzen zu einem Klumpen zusammen, aus dem die erst wenig veränderten Haare herausragen können.

Es finden sich immer wieder Stellen, wo die Gleichmäßigkeit des Aufbaues der Kutikula gestört ist. Die Haare stehen in einem Krater, welcher von einer dicken Schicht Epikutikula gebildet ist, so daß die anderen Schichten in den Hintergrund gedrängt werden. Im Spinnfeld findet sich fast nur Endokutikula, ebenso an der Unterlippe. Die Linsen der Augen bestehen dagegen fast nur aus Exokutikula. (Die Angabe Brownings, daß die Linse aus Endokutikula besteht, stimmt mit meinen Befunden nicht überein.)

Schon aus der Verteilung der einzelnen Kutikularelemente an den verschiedenen Stellen läßt sich eine Verschiedenheit der Funktion ableiten. Die Epikutikula hat wohl in erster Linie eine Schutzfunktion, wobei auch der Schutz gegen Austrocknung eine Rolle spielt. Dafür spricht auch, daß z. B. *Aranea*, die einer Austrocknungsgefahr eher ausgesetzt ist, auch am Abdomen eine zwar dünne, aber doch deutliche Epikutikula besitzt, während *Argyroneta* dort keine zu haben scheint. Dieser histologische Befund stimmt mit den Ergebnissen der physiologischen Untersuchung (Nemenz, 1954) gut überein. *Argyroneta*, welche keine sichtbare Epikutikula am Abdomen hat und deren Cephalothorax auch nur durch eine dünne Epikutikula geschützt ist, hat eine wesentlich höhere Transpiration als die anderen Arten, deren Abdomen eine wenn auch vielfach unterbrochene und dünne (im allgemeinen unter 1 μ dicke) Epikutikula besitzen und deren Cephalothorax durch eine dicke epikutikuläre Schicht geschützt ist. Aus der Verdickung an mechanisch stärker beanspruchten Stellen läßt sich schließen, daß sie auch eine mechanische Stützfunktion hat. Die Exokutikula dürfte auch mechanisch wirksam sein, besonders dort, wo sie eine festere Verbindung mit der Epikutikula eingeht und die gleiche Struktur ausbildet, doch ist sie wohl mehr elastisch dehnbar, wie sich in ihrem Auftreten am Abdomen zeigt. Ausgesprochen „beweglich" ist die Endokutikula. Sie ist überall dort die herrschende Schicht, wo es auf Bewegung ankommt, wie am Petiolus, im Spinnfeld, an der Oberlippe, Partien, denen Epi- und Exokutikula ganz oder weitgehend fehlen. Besonders deutlich ist das im Spinnfeld, wo die Spinnwarzen wohl von Epikutikula überzogen sind, an der Basis aber, wo die Bewegung stattfindet, fast nur Endokutikula vorhanden ist.

Es zeigt sich also, daß im Aufbau der Kutikula bei Spinnen und Insekten eine weitgehende Übereinstimmung herrscht und

auch die Funktion prinzipiell gleich ist. Es interessierte nun, wie eine Verletzung der Epikutikula die Wasserabgabe beeinflussen würde, wobei von der Annahme ausgegangen wurde, daß die Epikutikula als Verdunstungsschutz wirksam ist. Würde nun die Epikutikula verletzt, so müßte die Wasserabgabe steigen. Um eine nur oberflächliche Verletzung zu erzeugen, wurde die Kutikula mit Aluminiumpulver abgeschliffen, derart, daß eine kleine Menge Aluminiumpulver am Abdomen bzw. am Cephalothorax des Tieres verrieben und der Rest mit einem Pinsel entfernt wurde. Vor diesem Eingriff wurde das Tier 24 Stunden normal gewogen (über NaOH vgl. Nemenz, 1954), um den Anfangsteil der Kurve bzw. der Tabelle als Vergleichswert bei der Hand zu haben (Tab. 1, Abb. 2). In allen Fällen bedingte der Eingriff eine Erhöhung der Transpiration. Dieser „Knick nach oben“ macht die Kurven schon auf den ersten Blick auffällig und unterscheidet sie von denen unbehandelter Tiere. Im allgemeinen läßt sich sagen, daß eine Verletzung des Cephalothorax eine viel stärkere Transpirationserhöhung zur Folge hat als die des Abdomens. Das ist auch erklärlich: wenn die an und für sich dickere und gleichmäßigere Schutzschicht des Cephalothorax verletzt wird, muß die Wasserabgabe wesentlich stärker beeinflußt werden als nach einer Verletzung der dünnen abdominalen Epikutikula.

Tabelle 1. Wasserabgabe in Prozenten des Anfangsgewichtes von mit Aluminiumpulver behandelten Tieren (siehe Abb. 2).

	24 h	48 h	72 h	Behandlung
Agelena labyrinthica XV/2 a	2,9	10,5	14,1	Cephalothorax
Agelena labyrinthica XV/4 a	8,9	23,4	27,2	Cephalothorax
Agelena labyrinthica XV/3 a ...	5,7	11,2	14,5	Abdomen
Agelena labyrinthica XV/5 a	2,1	6,7	9,7	Abdomen
Aranea ixobola XVI/3 ...	1,2	5,6	8,4	Cephalothorax
Aranea undata XVI/4	1,2	7,8	9,9	Cephalothorax
Aranea foliata XVI/1	1,0	7,8	10,3	Abdomen
Aranea raji XVI/5	6,1	10,5	15,4	Abdomen

Zu denselben Schlußfolgerungen kommen auch Davies & Edney (1952), die nach Abrasion mit Neosyl eine Erhöhung der Transpiration feststellten. Die Transpiration versechsfachte sich. Davies & Edney konnten außerdem eine kritische Temperatur feststellen, welche für die von ihnen untersuchten Spinnen bei etwa 42° C lag. Auch das Auftreten einer kritischen Temperatur, über welcher die Transpiration plötzlich stark ansteigt, ist charakteristisch für das Vorhandensein einer Lipoidschicht, was mit dem oben Ge-

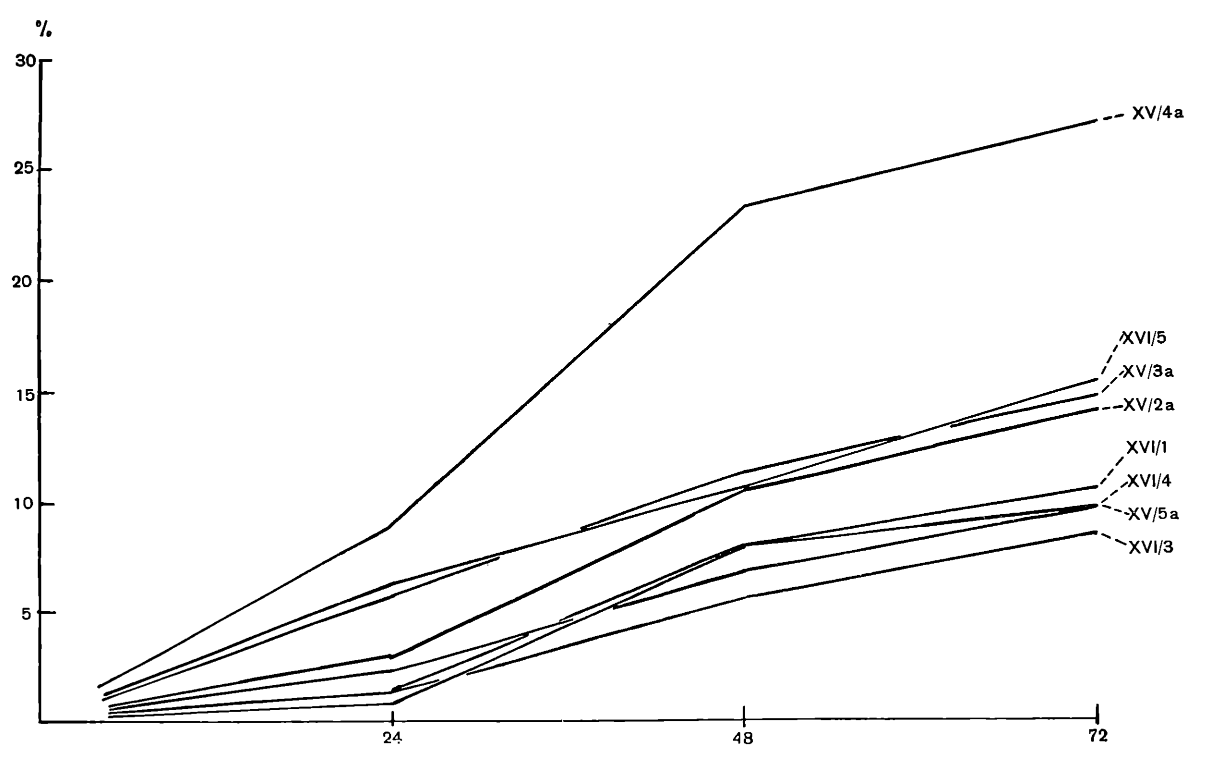


Abb. 2. Wasserabgabe der mit Aluminiumpulver behandelten Versuchstiere. Nähere Erklärung im Text und Tabelle 1.

sagten (S. 69) gut übereinstimmt. Wenn es auch bis jetzt noch nicht gelang, die Lipoidschicht als solche sichtbar zu machen, so ist durch diese Übereinstimmung der physiologischen und chemischen Befunde (argentaffine Reaktion) ihr Vorhandensein als sicher anzunehmen.

Zusammenfassung.

1. Die Kutikula der Spinnen ist aus den prinzipiell gleichen Schichten aufgebaut wie die der Insekten und Myriopoden.
2. In der Epikutikula konnte nachgewiesen werden, daß eine Kutikulinlage vorhanden ist, welche von einer weiteren eiweißhaltigen Lage, welche auch Lipoide enthält, überdeckt ist.
3. Die Epikutikula wirkt wie bei den Insekten als Transpirationsschutz. Eine Verletzung der Epikutikula bedingt eine Erhöhung der Transpiration.

Literaturverzeichnis.

Braun, F., 1931: Beiträge zur Biologie und Atmungsphysiologie der *Argyroneta aquatica*. Zool. Jb., Abt. Syst. Ökol. 62, p. 75.

Browning, H. C., 1942: The integument and moult cycle of *Tegenaria atrica*. Proc. Roy. Soc.-London, B 131, p. 65.

Claudsley-Thompson, J. L., 1950: Epicuticle of arthropods. Nature 165, p. 692.

Davies, M. E. & Ednev, E. B., 1952: The evaporation of water from spiders. Jour. Exp. Biol. 29, p. 571.

Dennell, R. & Malek, S. R. A., 1953: Homology of the layers of the epicuticle of insects. Nature, 171, p. 298.

Eder, R., 1942: Die cuticuläre Transpiration der Insekten und ihre Abhängigkeit vom Aufbau des Integuments. Zool. Jb., Abt. Phys. 60, p. 203.

Enigk, K. & Pfaff, W., 1954: Bau und Zusammensetzung der Larvenkutikula von *Hypoderma bovis* (Oestridae). Ztschr. Morph. Ökol. Tiere 43, p. 124.

Kühnelt, W., 1928: Über den Bau des Insektenskelettes. Zool. Jb., Abt. Anat. Ontogen. 50, p. 219.

— 1950: Über Vorkommen und Verteilung reduzierender Stoffe im Integument der Insekten. Öst. Zool. Ztschr. 3, p. 223.

Lebert, 1874: Über den Werth und die Bedeutung des Chitinskelettes der Arachniden für mikroskopische Studien. Sitz.-Ber. math.-naturwiss. Classe d. kaiserl. Akad. d. Wissenschaften, Wien LXIX, I. Abt., p. 604.

Lees, A. D., 1947: Transpiration and the strukture of the epicuticle in ticks. Journ. Exp. Biol. 23, p. 379.

Leydig, F., 1857: Lehrbuch der Histologie des Menschen und der Tiere. Frankfurt/Main.

Millot, J., 1926: Contribution a l'histophysiologie des Aranéides. Bull. Biol. France et Belgique. Supple. VIII. (War mir im Original nicht zugänglich.)

Nemenz, H., 1954: Über den Wasserhaushalt einiger Spinnen, mit besonderer Berücksichtigung der Transpiration. Öst. Zool. Ztschr. 5, p. 123.

Osterloh, A., 1922: Beiträge zur Kenntnis des Kopulationsapparates einiger Spinnen. Ztschr. wiss. Zool. 119, p. 326.

Richards, A. G., 1951: The Integument of Arthropods. University of Minnesota Press.
Ruser, M., 1933: Beiträge zur Kenntnis des Chitins und der Muskulatur der Zecken (Ixodidae). Ztschr. Morph. Ökol. Tiere 27, p. 199.
Schimkewitsch, W., 1884: Étude sur l'anatomie de l'épeire. Ann. Sci. nat., Zool. XVII, 6e ser., p. 1.
Schulze, P., 1913: Chitin und andere Cuticularstrukturen bei Insekten. Verh. deutsch. Zool. Ges. 1913.
— 1922: Über Beziehungen zwischen pflanzlichen und tierischen Skelettsubstanzen. Verh. deutsch. Zool. Ges. 27.
— 1923: Über die Ähnlichkeit tierischer und pflanzlicher Skelettsubstanzen. Biol. Zentralblatt 42.
— 1923: Der Nachweis und die Verbreitung des Chitins. Ztschr. Morph. Ökol. Tiere 2, H. 3.
Sewell, M. T., 1951: Pore canals in a spider cuticle. Nature 167, p. 857.
Siebold, C. Th. v., 1848: Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der wirbellosen Thiere. Berlin, Veit & Comp.
Treviranus, G. R., 1812: Über den inneren Bau der Arachniden. Phys. med. Soc., Erlangen.
Wagner, G., 1888: La mue des Araignées. Ann. Sci. nat., Zool. VI, 7e ser., p. 281.
Wigglesworth, V. B., 1946: The epicuticle in an insect, *Rhodnius prolixus* (Hemiptera). Proc. Roy. Soc., B. 134.
— 1947: The principles of insect physiology. Methuen & Co. Ltd., London.
Yalvaç, S., 1939: Histologische Untersuchungen über die Entwicklung des Zeckenadultus in der Nymphe. Ztschr. Morph. Ökol. Tiere, 35, p. 535.